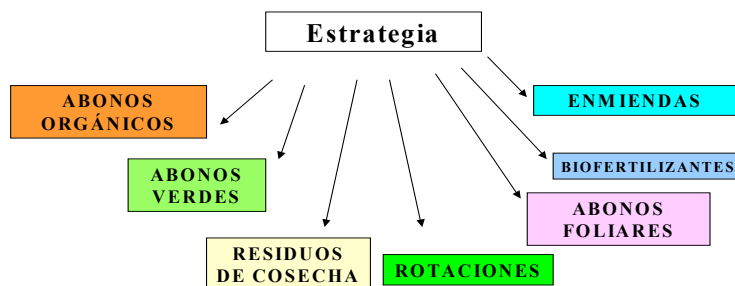


3. Técnicas para la nutrición de las plantas en la agricultura ecológica.

En la Agricultura Ecológica empleamos diferentes técnicas para nutrir a las plantas, las cuales resumimos en la Imagen 3.

Imagen 3. Técnicas de nutrición del cultivo principal



Fuente: elaboración propia.

2.1. Los abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos comprende una amplia gama de productos, que van desde los estiércoles frescos, que pueden presentarse de diferentes formas (mezclados con paja, en forma líquida como los purines, etc.), hasta los compostados, realizados a base de estiércol o residuos vegetales o de la agroindustrias, en diferentes mezclas, enriquecidos o no y bajo diferentes procesos de fermentación.

El contenido de nutrientes de diferentes estiércoles se ofrece en la tabla siguiente:

Tabla 9. Promedio de nutrientes contenidos en distintos estiércoles animales (% de materia seca)

ABONO	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO
VACA	0,94	0,42	1,89
OVEJA	2,82	0,41	2,62
CERDO	1,77	2,11	0,57
CONEJO	1,91	1,38	1,30
CABRA	2,38	0,57	2,50
CABALLO	1,98	1,29	2,41
AVE	2,72	2,23	2,26
AVE PISO	2,89	1,43	2,14
AVE JAULA	2,92	2,14	1,62
PURÍN (BOVINO)	0,30	0,20	0,30
NOVILLO	2,00	0,80	1,50
GUANO ROJO	1,80	18,00	1,65

Fuente: Rodriguez, 1993, Shoning y Wichmann, 1990, USDA, 1978

2.2. El compost.

El compost es un proceso de fermentación, principalmente aeróbica, de residuos orgánicos efectuada por microorganismos, bajo condiciones controladas y aceleradas de fermentación. En el compostaje, la materia orgánica de fácil descomposición (glúcidos, proteínas, etc.) se fermenta produciendo CO₂ y agua y desprendiendo calor. A partir de esta degradación se producen materiales húmicos muy estables que captan los minerales liberados durante el proceso de compostaje y que confiere propiedades deseables a los suelos donde son aplicados.

UN BUEN COMPOST DEBE :

- Ser rico en materias húmicas.
- Tener una alta concentración de nutrientes.
- Poseer una alta capacidad de retener agua y nutrientes.
- Permitir una vida abundante y diversa de microorganismos que beneficiarán el desarrollo de las plantas.
- Mejorar la estructura del suelo.
- Evitar que se pierdan los nutrientes por lixiviación.
- En su proceso destruir semillas de malezas y organismos patógenos.

2.2.1. Cómo obtener un buen compost.

Para que un compost se realice de forma eficiente, la mezcla de materiales debe de cumplir con ciertas características, que son:

- Relación C/N debe estar en una relación entre 30/1 - 35/1 para que pueda darse una buena fermentación. Si esta relación es mayor, el proceso de fermentación es lento y la temperatura no subirá lo suficiente, produciéndose compost de baja calidad. Si por el contrario el nitrógeno es elevado, se producirá una gran cantidad de amoníaco, produciéndose pérdidas importantes de N. Una relación adecuada se obtiene mezclando diferentes materiales.

Tabla 10. Relación carbono/nitrógeno de varios subproductos.

PRODUCTO	RELACIÓN C/N
Aserrín y virutas	150-500/1
Paja de maíz	150/1
Paja de trigo y cebada	100/1
Paja de avena y centeno	60/1
Abonos verdes y césped	10-20/1
Leguminosas	10-15/1
Estiércol de bovino con paja	15-30/1
Purín de bovino	2-3/1
Estiércol ovino	15-20/1
Lisier porcino	4-7/1
Gallinaza	10-15/1
Harina de sangre	10-15/1
Alpechín	12-19/1
Alperujo	37/1

Fuente: Rodríguez, 1993, Shoning y Wichmann, 1990, USDA, 1978

- El tamaño de partícula de los materiales compostado debe de estar entre 1-5 cm, tamaño que permite una gran superficie para la acción de los microorganismos, facilidad para el mezclado y buenas condiciones de porosidad para la aireación de la mezcla. Partículas menores producen mezclas muy compactas que dificultan su aireación.
- La humedad que debe mantenerse en los materiales que se compostan durante el proceso es de 60 %, aunque al final del proceso bajará entre 30-40%. Un déficit de humedad reducirá la actividad de los microorganismos fermentadores, mientras que un exceso reduce la aireación del sistema provocando fermentaciones anaerobias que pueden producir sustancias fitotóxicas. Para mantener la humedad se debe tener la posibilidad de regarlos, por lo menos hasta haber comenzado el proceso de maduración. De igual forma, después de terminado el proceso de maduración el compost debe protegerse de las lluvias.
- Aireación suficiente, lo cual se logra con mediante volteos mecánicos de la mezcla con intervalos entre 15-30 días, sobre todo los menores intervalos son importante en la fase inicial del proceso y en materiales muy compactos. Un déficit de aireación provoca fermentaciones anaeróbicas, pérdidas de nitrógeno y carbono, producción de malos olores y la temperatura descenderá.
- Las dimensiones del montón de compost deben ser: entre 1,5 m y un máximo de 3 m de alto (dependiendo de la densidad del material) y el ancho estará en función de la altura que se alcance pero por lo general oscila entre 2,5 y 4 m. El largo depende del diseño de los montones para realizar el compost y el grado de mecanización.

Durante el proceso de fermentación del compost, ocurren diferentes fases, que se diferencian por el tipo de organismo presente, la temperatura, el pH, la demanda de oxígeno, los materiales que se descomponen y los nuevos materiales que aparecen.

2.2.2. Las fases en la fermentación del compost.

Por lo general, las fases de un compost se dividen en cuatro (termófila, mesófila, enfriamiento y maduración).

Fase I. Corresponde a la fase mesófila, que ocurre al inicio del proceso y se caracteriza por la fermentación básicamente bacteriana de los compuestos solubles, caracterizándose, esta fase, por una disminución del PH, que debe bajar a valores alrededor de 5,5.

Fase II. Es la fase termófila, la temperatura se eleva por acción de la fermentación iniciada, desplazando las bacterias formadoras de esporas y los actinomicetos, a los hongos, las bacterias lácticas y levaduras que crecieron en la primera fase. El pH aumenta, pudiendo llegar a valores de 8, por acción del amoníaco desprendido en la fermentación, y la temperatura debe de llegar cerca de los 70°C, etapa donde son destruidas las semillas y los patógenos. Ésta es una etapa de gran demanda de oxígeno.

Fase III. Es la fase de enfriamiento. Después de agotarse los materiales más fácilmente degradables, la temperatura comienza a descender, restableciéndose los hongos, que inician la degradación de la celulosa, hemicelulosa y la lignina, lo cual dará lugar a las materias húmicas. El pH se estabiliza y la demanda de oxígeno se reduce.

Fase IV. Fase de maduración. El inicio de la maduración del compost, se caracteriza por la

incorporación de animales del suelo y el aumento de las materias húmicas, mientras que el final se caracteriza por la textura del material, suelta, su color negrozco y temperatura estabilizada, lo cual se comprueba por la variación de ésta después de un volteo; si no cambia la temperatura, el compost está maduro. También se puede realizar un test de germinación que consiste en poner a germinar semillas de cebada o judía en un lecho de compost. Las semillas deben nacer en 5-7 días, tener un alto nivel de germinación (poner un control con tierra) y desarrollarse adecuadamente.

Fases del compostaje

Fase I. Mesolítica. La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

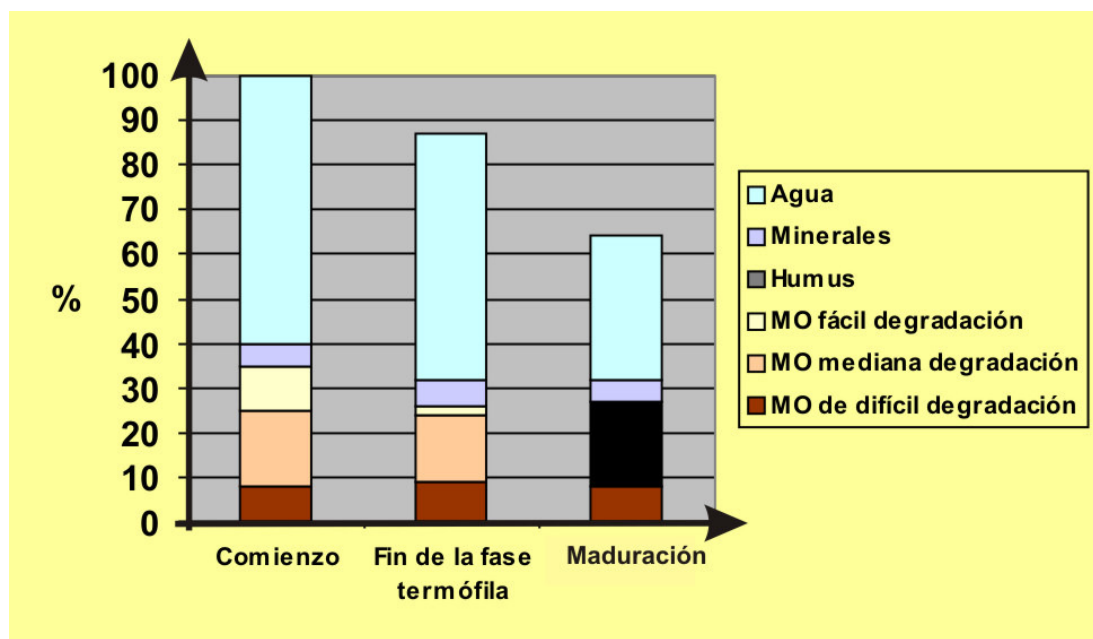
Fase II. Termófila. Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

Fase III. Enfriamiento. Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

Fase IV. Maduración. Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Durante el proceso de fabricación del compost su volumen se reduce entre un 50–55% y su masa en alrededor de 65 % debido a las pérdidas de CO₂, agua y sustancias volátiles. Al mismo tiempo su composición varía como se indica en el gráfico siguiente:

Gráfico 1. Evolución teórica de los componentes del sustrato durante el compostaje.



El compost de los residuos de almazara son de gran importancia en Andalucía. Algunos valores de la calidad de estos compost se ofrecen en la imagen 16:

Imagen 4. Valores de algunos tipo de compost.

COMPOST ALPERUJO + HOJA + ESTIÉRCOL	COMPOST ALPERUJO + BORRA ALGODÓN	COMPOST ALPERUJO + PAJA + UREA	COMPOST ALPERUJO + ESTIÉRCOL PAJOSO + VINAZA	COMPOST ALPERUJO + ESTIÉRCOL + PAJA + SERRÍN + CAL
Sánchez, A. 1999	Cegarra, J. 1997	Madejón, E. 1998	Labrador, J. 2000	Amirante, R. 1997
pH = 9,09 CE = 3,38 mS/cm Hdad. = 34% Cenizas = 50,9% M.O. = 49,1% C/N = 15 N _t = 1,64% P ₂ O ₅ = 0,502% S = 0,68% K ₂ O = 2,88% CaO = 4,49% MgO = 3,02%	C/N = 18 %C = 45% N _t = 2,5% pH = 9,4 CE = 4 mS/cm Grasa = 1,3% I ₀ = 57% EH _t = 14% Ah/Af = 2 C.C.C. = 123 meq/100 gr.	Hdad. = 23,3% M.O. = 84,4% Cenizas = 15,6% pH = 7,7 CE = 3,75 C.a.a. = 121% I ₀ = 73% Ah = 4,8% Af = 1,7% N _t = 1,4% P ₂ O ₅ = 0,75% K ₂ O = 2,63% P _E = 0,5 Tm/m ³	Hdad. = 5,55% pH = 7,84 CE = 1,72 mS/cm M.O. = 27,98% N _t = 1,52% C/N = 9,07 EH _t = 12,81% P ₂ O ₅ = 0,8% K ₂ O = 1,39% Dap = 0,82 gr/ml Grasa = 0%	C/N = 20 Grado humificación 70% Tasa humificación 31% Índice humificación 0,43

Fuente: Sánchez A. 2001. Transformación de los subproductos de almazara en abono orgánico para su uso en la agricultura. Comité Andaluz Agricultura Ecológica, Boletín n°. 4.4/00.

2.3 Los abonos verdes.

Abono verde se denomina a la siembra de ciertas plantas que se emplean para ser incorporadas al suelo en un estado vegetativo, por lo general, después de la floración y antes de la fructificación. Las cubiertas vegetales se consideran también un tipo de abono verde y, en este caso, por lo general, la incorporación de la materia orgánica y los nutrientes al suelo se realiza mediante la siega, aunque en ocasiones se incorpora con un pase de grada. Como las plantas se siegan o incorporan al suelo en un estado vegetativo joven, su descomposición es alta, quedando disponible una gran cantidad de nutrientes para los cultivos.

Los abonos verdes pueden contribuir a reducir las pérdidas de nutrientes por lixiviación. Por ejemplo, en los climas mediterráneos, (donde se produce una fuerte mineralización de la materia orgánica durante el verano, que puede ser lixiviada con las lluvias de otoño) la siembra temprana de un abono verde de rápido crecimiento puede retener los nutrientes, que después se aportan en forma de la materia orgánica, antes de la siembra del cereal, en un momento donde la descomposición es más lenta.

Tabla 11. Características Agronómicas de Abonos Verdes o Cultivos de Cobertura.(Monegat 1991).

Nombre común	N.científico	Plena cobertura suelo	Altura cobertura	Prof. Raíces	Ton/ha M.V*.
		(días)	(cm)	(cm)	
Avena blanca	Avena sativa	45-65	100-130	8-12	36-45
Avena negra	Avena strigosa	45-65	120-150	8-12	33-46
Centeno	Secale cereale	45-60	130-160	6-10	20-35
Chicharo común	Lathyrus sativus	60-80	50-80	15-20	25-36
Guisante de campo	Pisum sativum	45-60	70-120	15-20	13-38
Haba común	Vicia sativa	60-80	50-80	15-25	23-41
Haba peluda	Vicia villosa	70-90	60-100	15-30	17-30
Haba italiana	Vicia faba	75-90	80-100	20-25	28-32
Lenteja	Lens esculenta	70-90	40-70	15-20	19-26
Nabo forrajero	Raphanus sativus	40-60	1230-160	20-40	43-95
Lupino amarillo	Lupinus luteos	80-120	70-100	20-30	28-46
Lupino blanco	Lupinus albus	80-120	70-120	20-30	32-50
Trebol dulce	Melilotus albus	-	-	-	19
Trebol rojo	Trifolium incarnatum	75-95	60-85	15-20	25-38
Trebol subterráneo	Trifolium subterraneum	90-115	25-39	15-25	22-32

*MV= Material Verde.

Fuente: Monegat, 1991.

La cubierta vegetal también tiene un fuerte efecto en reducir la erosión y aumentar la penetración del agua en el suelo (o sea es importante para la “cosecha del agua”). El grado de efecto está en relación con el volumen de residuos sobre el suelo, obteniéndose muy buenos resultados cuando la cubierta deja 1 Tn/Ha, como se muestra a continuación:

Tabla 12. Efecto de la cobertura de residuos vegetales obtenidos de diferentes cultivos en el escurrimiento superficial, infiltración de agua y pérdida del suelo con pendiente del 5% (Monegat 1991)

Residuos	Efectos sobre el agua y suelo		
Tn/ha	Escurrecimiento del agua %	Infiltración de agua %	Perdida de suelo Tn/Ha
0.0	45.3	54.7	13.69
0.275	40.0	60.0	3.57
0.550	24.3	74.7	1.56
1.102	0.5	99.5	0.33
2.205	0.1	99.5	0.0
4.410	0.0	100	0.0

Fuente: Monegat, 1991.

Una cubierta vegetal sembrada en el mes de abril en viñedos de Montilla, basada en trébol y crucífera, que cubrió el 60 % de la superficie del viñedo, produjo en su primer corte 8.795 kg MV/ha (1.847 kg MS/ha) y aportó en esta masa 62 kg N/ha y 5,9 Kg de fósforo/ha en el mes de mayo cuando se le efectuó el primer corte. Ya en el mes de diciembre de ese mismo año se le dio un segundo corte con similar rendimiento.

Imagen 5. Cubierta vegetal en viñedo (Montilla) y Olivar (Baena).



Fotografías: realizadas y cedidas por Roberto García Trujillo.

2.4. Los residuos de cosecha.

Los residuos de cosecha se deben dejar sobre el suelo o incorporarse superficialmente. Si estos residuos son fibrosos, como las pajas de cereales, por lo general, son pobres en nitrógeno y otros elementos, pero son muy eficientes en proteger los suelos y aumentar el humus en éste, con lo cual se mejoran las propiedades de los mismos y por tanto su fertilidad. Los residuos que tienen partes verdes, por lo general, aportan también importantes cantidades de nutrientes.

2.5. La rotación de cultivos.

Las rotaciones de cultivos como una estrategia de diversificación en el tiempo, así como los cultivos múltiples que desarrollan su estrategia de diversificación en el espacio, comparten un grupo de beneficios comunes y aún no bien conocidos.

El incremento de los rendimientos por unidad de área parece ser la justificación para la reintroducción de las rotaciones en los sistemas intensivos de producción, inclusive en los sistemas con alto uso de insumos. Igualmente la posibilidad de obtener un mayor rendimiento por unidad de superficie sigue siendo el principal impulso de los agricultores con escasos recursos para continuar empleando los cultivos múltiples o policultivos.

No obstante, multitud de autores señalan ya un gran grupo de beneficios, que de una forma u otra redundan en mayores rendimientos, menores gastos o mayor seguridad alimentaria. En una revisión sobre rotaciones de cultivo, Karlen et al. (1994), al revisar unos 20 autores, resume los siguientes factores como elementos que pueden contribuir al buen comportamiento de las rotaciones de cultivos:

- Incremento del suministro de nitrógeno al suelo.
- Mejora de la capacidad de retención del agua por el suelo.
- Incremento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Mejor estructura del suelo.
- Incremento de la actividad microbiana del suelo.
- Control de malezas.
- Disminución de la incidencia de plagas.
- Disminución de la incidencia de nematodos.
- Disminución de la incidencia de enfermedades.
- Presencia de compuestos fitotóxicos que pueden inhibir el crecimiento de otras plantas en los residuos.
- Presencia de sustancias promotoras del crecimiento.

Todas las informaciones indican que las rotaciones de cultivo son importantes para mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes por las plantas. Sin embargo parece aún mas importante la secuencia de los cultivos en la rotación (Carter et al., 1991; Carter y Berg, 1991).

Este efecto viene dado por las diferentes habilidades de las plantas de tomar nutrientes a diferentes profundidades, de sus capacidades asociativas con diferentes organismos en el suelo, de explotar ciertas fuentes de nutrientes que otras plantas están imposibilitadas de hacerlo, de acumular nutrientes en su organismo por encima de sus necesidades y que posteriormente por sus residuos o fluidos los ponen a disposición de otras plantas, etc.

Las leguminosas, además de su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, tienen habilidad para tomar el nitrógeno remanente en el suelo, especialmente nitrato.

La reducción de los niveles de nitrato en el suelo por una rotación de plantas de raíces superficiales como la cebada y los pastos con otra de raíces profundas como la de alfalfa puede reducir significativamente el nivel de nitrato en el suelo, Olsen, et al. (1970) señala que la reducción de este mineral fue de un 32 y 84 % a profundidades de 1,2 y 1,5 m respectivamente.

Es generalmente aceptado que el mayor crecimiento que se registra en las cosechas al seguir en la rotación a una leguminosa es debido al aporte de nitrógeno que esta realiza. Sin

embargo, en las estimaciones reales, empleando marcadores del aporte de nitrógeno o al menos la cantidad de N que la planta sucesora toma de la dejada por la precedente en el suelo, está muy por debajo de las necesidades para el rendimiento observado. A este fenómeno es lo que se denomina “caja negra” del efecto rotación y se piensa que sea debido a una mayor y más diversificada vida de los organismos del suelo.

En el caso de las asociaciones se ha observado un mecanismo muy interesante de transferencia de nitrógeno entre las leguminosas y las plantas no leguminosas a través de los hongos micorrizas arbusculares, mecanismo que se piensa pueda funcionar para otros nutrientes (Vandermeer, et al., 1986).

El consumo de lujo de algunos nutrientes por algunas plantas, como el N por las leguminosas o el potasio por las gramíneas, también es un mecanismo que disponen las plantas para evitar la pérdida de nutrientes del suelo por lixiviación, lo cual funciona muy bien como regulador en la economía y el reciclado de los nutrientes en los sistemas de rotación de cultivos y cultivos múltiples.

Las rotaciones y los cultivos múltiples también favorecen la captura de nutrientes por las plantas. Así tenemos que el maíz después de la soja tenía un mayor contenido en sus tejidos de fósforo (Copeland, P.J., and Crookston, R.K., 1992) y de potasio, sin embargo este efecto no se registró cuando el sorgo sucedió al algodón.

En las rotaciones y los cultivos de cobertera, también se obtiene un incremento de la disponibilidad de micronutrientes en el suelo para las plantas como el hierro, cobre y zinc, por la acción de los microorganismos del suelo, los cuales los transforman en quelatos (King, 1990).

Como se comentó anteriormente, las rotaciones mejoran la eficiencia en el uso del agua, lo cual sugiere que la mayor eficiencia en la toma de nutrientes y agua venga dado en parte por una mayor superficie de absorción y actividad de las raíces. Este aspecto también se asocia a la famosa “caja negra” del papel de los microorganismos del suelo en beneficiar las actividades de las plantas.

En el caso de los policultivos, se han obtenido idénticos efectos en cuanto al mayor contenido de minerales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; cuando las plantas se encuentran en cultivos múltiples en relación a las que crecen en monocultivo.

Los policultivos también se muestran más eficientes que los monocultivos en tomar el nitrógeno del suelo, especialmente cuando se aplican fertilizantes nitrogenados (Palada y Harwood, 1974).

2.6. Biofertilizantes y estimuladores del crecimiento.

Se conoce como biofertilizantes a un grupo de organismos que se aplican al suelo o las semillas para mejorar la nutrición de las plantas (rhizobium, micorrizas, azotobacter, etc.) o preparados obtenidos a partir de fermentación biológica que contienen grupos de nutrientes que se emplean básicamente como fertilizantes foliares.

El uso de las inoculaciones con bacterias simbiotes del género *Rhizobium* a diferentes cultivos leguminosos, es una práctica habitual y muy extendida. El *Rhizobium* es una bacteria fijadora simbiote de nitrógeno con probada eficiencia en plantas como soja, alubias, veza, leguminosas forrajeras y otras (Treto et al, 2001).

Estos microorganismos se comercializan en sustratos que se aplican conjuntamente con las semillas en el momento de la siembra¹ y son cepas con alta eficiencia en su fijación de N, que se seleccionan según el tipo de cultivo y suelos donde se utilizarán. Debido a la competencia que se establece con las cepas de *Rhizobium* presentes en los suelos por lo general es necesario inocular las semillas en todas las siembras, aunque en ciertas condiciones se ha observado que después de varias inoculaciones se establecen en los suelos no encontrándose diferencias entre las plantas inoculadas y las que no. La fijación simbiótica de N puede proveer a las leguminosas cultivadas entre el 70-100% de sus requerimientos de este mineral (Treto et al., 2001).

Las micorrizas son hongos del suelo que se asocian a la mayoría de las plantas y que benefician la nutrición vegetal al actuar como extensores del sistema radicular de las plantas, aumentando su capacidad de absorción de agua y nutrientes (Barea, 2001). Los inóculos de micorrizas se emplean principalmente en la producción de posturas o almácigos de plantas como cítricos, frutales, hortalizas, café y otras. En países tropicales se han obtenido importantes mejoras en el comportamiento de las plantas con el uso de micorrizas (Treto et al., 2001). También se han desarrollado métodos de aplicación de micorrizas a cultivos como el arroz y el trigo, sembrados de forma directa, con semillas peletizadas que contenían las micorrizas (*Glomus mosseae* y *G. manihotis*), y con incrementos en los rendimientos entre 20-45% a escala comercial (Fernández et al., 1997). En Lanzarote se informa que la inoculación con *G. mosseae* en sandía aumentó el peso de la fruta y su número en un 30% y 18% respectivamente sobre el control. En viñas se encontró diferencias en el crecimiento de las plántulas a favor de los tratamientos micorrizados.

Otra bacteria que se emplea para mejorar la nutrición de las plantas es el *Azotobacter chroococcum*, que inoculada a los suelos donde se cultivan un buen número de plantas pueden mejorar su nutrición nitrogenada. Se han observado que cepas cubanas seleccionadas pueden suministrar hasta un 50% de las necesidades de N de algunas plantas, además de que se conocen que son capaces de sintetizar un grupo de sustancias estimulantes del crecimiento de la plantas como auxinas, citoquininas, giberelinas, aminoácidos y vitaminas (Dibut, 1998).

La nutrición del fósforo se puede mejorar mediante el uso de microorganismos solubilizadores del fósforo, mojando las raíces de las posturas con estas bacterias antes de la siembra o asperjado el suelo en soluciones diluidas. En ensayos de sustitución de fertilizantes fosfóricos soluble, lograban sustituir entre un 50-100% de las necesidades de fósforo de las plantas (Treto et al., 2001).

Todos estos organismos se encuentran de forma natural en los suelos, por lo que su efectividad disminuye en la medida que los suelos tienen mayor contenido de la materia orgánica y donde existe una alta actividad biológica (Martínez Viera, 1997), comunicación personal), no obstante pueden jugar un papel muy importante en la transición hacia una agricultura ecológica cuando partimos de suelos con bajos niveles de la materia orgánica y muy deteriorados biológicamente por el uso de agrotóxicos.

También se han desarrollado preparados fermentados que se emplean para la nutrición de las plantas y su protección contra las enfermedades. Estos preparados se logran mediante la

¹ Normalmente el sustrato se con el *Rhizobium* se le añade agua azucarada, alguna sustancia pegante y se mezcla con las semillas la noche antes de la siembra. La semilla se extiende y se deja secar, lo cual ocurre en unas pocas horas. Las dosis depende de la concentración del sustrato.

fermentación de materiales orgánicos (estiércol de vaca), activado con adiciones de carbohidratos fácilmente degradable (melaza o azúcares), proteínas (leche) y con la adición de diferentes minerales que serán incorporados a los organismos que crecen en el proceso de fermentación y quedarán en forma muy asimilables por las plantas. Además estos preparados contienen muchos compuestos orgánicos (aminoácidos, vitaminas, etc.) producto de la fermentación de los microorganismos que han crecido en el proceso de fermentación.

Entre los activadores biológicos del metabolismo de las plantas se encuentran también un grupo de preparados que ha desarrollado la Agricultura Biodinámica (Labrador y Reyes, 1999), y donde se emplean fermentados de estiércol de vaca, minerales como la sílice y plantas como la milenrama, manzanilla, ortiga, corteza de roble, diente de león valeriana y cola de caballo.

Los preparados de algas marinas se consideran también biofertilizantes, que se aplican tanto por fertirrigación como por abono foliar. Los productos procedentes de las algas se caracterizan por su alto contenido en calcio, microelementos y materias orgánicas. Aplicadas al suelo disminuyen su acidez, aumentan el contenido de macro y microelementos, especialmente de hierro, zinc y manganeso. Como fertilizante foliar actúa como bioestimulante sobre el desarrollo del vegetal, mejorando su capacidad de resistencia sobre estados de estrés, frente al ataque de determinados parásitos y enfermedades y como corrector de carencias en determinados microelementos (Labrador y Reyes, 1999).

En Tabla 13 se muestran varios ejemplos de productos comerciales de algas con la composición de algunos de sus componentes, así como los usos y dosis que recomiendan los fabricantes.

En el mercado también se pueden encontrar diferentes extractos de fermentaciones de sustancias orgánicas y adiciones de minerales que se emplean con fines similares a los extractos de algas, o sea como estimulantes del crecimiento vegetal, correctores y en ocasiones protector de las plantas.

Tabla 13. Ejemplos comerciales de productos a base de algas.

Marca Comercial	Procedencia	Composición (%)										Recomendación de Uso		
		MO	N	P2O5	K2O	Ca	MgO	Fe	Bo	Mn	Mo	SO3	Zn	AA
AGROPLUS	Crema de algas unicelulares 100%		0,72	0,26	0,89	0,32	0,13	0,08	0,03	0,05	0,04	0,16		x
ALGABIOL	Extracto de algas marina 25%	13	0,5	0,7	3,8	0,06	0,25					1,15		
ALGAFARM	Extracto algas marinas 12%	25	6						0,2	0,5	0,1		0,4	2,2
ALGANOL	Extracto algas marinas al 15%		3,5		2		2		2,3		0,1	6		
ALGIMAX	Crema de algas marinas 20,8%						4,8		2		0,2	9,7		
BINAT	Extracto algas 8%		5					0,1	0,15	0,1			0,1	
BIOCORP	Crema de algas 22,3%													
GEOMAR 2000	Crema de algas obtenida por criomolienda 30,25%		1,68				1,68			0,7	0,05		0,8	
NATURBOX-ALGIUM	Crema de algas obtenida por criomolienda	13	1	0,5	5					1,68		8,3	1,68	
														2

Fuente: elaborado a partir de Labrador y Reyes, 1999.

Estos ejemplos no indican ninguna preferencias sobre otros productos que aparecen en la “Guía de Productos Utilizables en Agricultura y Ganadería Ecológicas” o que se encuentren en el mercado.

2.7. Fertilizantes y Enmiendas minerales naturales.

Los problemas de deficiencias de minerales en los suelos, los desequilibrios de éstos o acidez, que se presenten en los suelos de explotaciones dedicadas a la agricultura o ganadería ecológica también se pueden corregir empleando un grupo de sustancias minerales de origen natural, cuando los aportes a través de la materia orgánica no sean suficientes.

Calcio: la normativa europea regula que tanto para aportar este elemento como para elevar el pH del suelo se pueden emplear carbonatos de calcio y magnesio de origen natural y sulfato de calcio (yeso) de origen natural. El cloruro cálcico sólo se permite en frutales como tratamiento foliar por su carencia. A continuación se ofrecen un grupo de los productos autorizados y su contenido en minerales.

Tabla 14. Productos minerales autorizados para emplear en la agricultura ecológica como fertilizantes.

Productos	Contenido (%)			
	CaO*	P ₂ O ₅	MgO*	SO ₃
Calizas molidas	45			
Cretas	55			
Cretas fosfatadas	30	3		
Margas y productos similares	25			
Dolomitas	25		13	
Conchas de moluscos	10-35			
Esqueletos calizos de algas marinas	42		2,5	
Cales agrícolas vivas	77			
Cales agrícolas apagadas	50 ¹			
Anhidrita	30			45
Vinazas	20			

* En forma de hidróxido.

En término generales se recomienda para los suelos que se le desee elevar el pH, que en el primer año sólo se eleve en una unidad de pH y en los años sucesivos previo análisis alrededor de medio grado. Las cantidades que se necesitan para la corrección del pH del suelo dependen del tipo de suelo y la riqueza en óxido de calcio (CaO) de la fuente mineral empleada.

Notas:

Fósforo: La agricultura ecológica sólo permite el uso fuentes minerales ricas en fósforo en estado natural. La principal fuente de este mineral son las sales de ácido ortofosfórico con calcio, que forman yacimientos de origen sedimentario impurificado con cloro, fluor, carbonatos y otros. De estos minerales la conocida como fosforita es la más importante pero es poco soluble. La adición de este mineral a las camas de los animales o a los compost durante el proceso de fermentación, pueden mejorar la solubilidad del fósforo de este mineral. Los minerales de fósforo que más se encuentran en el mercado son los procedentes de yacimientos de Túnez, Senegal y del Sahara. Las concentraciones de pentóxido de fósforo (P₂O₅) de estos minerales se encuentran entre 25-34%.

Potasio. Para la corrección de deficiencias de potasio, el reglamento Reglamento (CEE) 2092/91, permite emplear las sales de potasio en bruto como la silvinita, la kainita y la carnalita, así como productos obtenidos a partir de la sal potásica en bruto como el sulfato de potasio. Los productos que frecuentemente se encuentran en el mercado son los sulfatos de potasio naturales, con diferentes contenidos de óxidos de calcio (CaO), anhídrido sulfúrico (SO₃) y óxido de magnesio (MgO). El contenido de óxido de potasio (K₂O) de esas sales está alrededor de 30%.

Otros minerales naturales para corregir deficiencias de magnesio o azufre son empleados en la agricultura ecológica. Igualmente, se emplean la roca silícea molida que contiene una diversidad de microelementos:

Por ejemplo, la kieserita molida aporta un 10% del magnesio como óxido de magnesio (MgO); un 13,5% del azufre como anhídrido sulfúrico (SO₃); un 39% del dióxido de silíceo (SiO₂); 2,1% de dióxido de potasio (K₂O); 4% de óxido férrico (Fe₂O₃); 10% de óxido de aluminio (Al₂O₃); un 40,45% de Cobre; un 0,15% de Manganeso; 0,14% de Zinc y otros microelementos. La roca silícea actúa como un eficaz anticarenal, asegurando la mineralización de los suelos y se emplea en dosis de 200-500 Kg/ha.

4 Bibliografía.

Avilés, M. y Tello, J. 2001. El compostado de los residuos orgánicos, su relación con las enfermedades del suelo. En Agroecología y Desarrollo. Aproximaciones a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. Pag. 185. Edit Labrador, J. Y Altieri, M. Univ. Extremadura-Mundi Prensa, Madrid.

Barea, J. M. 2001. Interacciones ecológicas de los microorganismos en el suelo y sus implicaciones en la agricultura. En Agroecología y Desarrollo. Aproximaciones a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. Pag. 165. Edit Labrador, J. Y Altieri, M. Univ. Extremadura-Mundi Prensa, Madrid.

Carter, D.L. and R.D. Berg. 1991. Crop sequences and conservation tillage to control irrigation furrow erosion and increase farmer income. Journal of Soil and Water Conservation JSWCA3, Vol. 46, No. 2, p 139-142.

COPELAND, P.J., and CROOKSTON, R.K. (1992) Crop sequence affects nutrient composition of corn and soybean grown under high fertility. Agron.J. 84:503-509.

Dibut, B. 1998. Efecto de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo de la cebolla. Tesis. Dr. Cs. Agr. La Habana. 101 p.

Fernández, F; R. Ortiz; M.A. Martínez.; Annareya Costales. y Desiree Llonín, 1997. The effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi (AMG) inoculants on rice *Oryza sativa* in different types of soils. Cultivos Tropicales 18(1):5-9.

Guzmán, G. 2000. El manejo agroecológico del suelo. En: Introducción a la Agroecología como desarrollo sostenible. Edit. Guzmán, G. González de Molina, M. y Sevilla Guzmán, E. Mundi Prensa, Madrid.

Gascó, J. M. 2001. El suelo como recurso. En Agroecología y Desarrollo. Aproximaciones a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. Pag. 119. Edit Labrador, J. Y Altieri, M. Univ. Extremadura-Mundi Prensa, Madrid.

García Trujillo, R., 2002. Informe sobre el desarrollo de la agricultura ecológica en el municipio de Almonte.

Karlen, DL., EC Berry, TS Colvin, and RS Kanwar. 1991. Twelve year tillage and crop rotation effects on yields and soil chemical properties in north central Iowa. Commun. Soil Sci. Plant Anal.

Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G. and Cruse, R.M. 1994. "Crop Rotations for the 21st Century". En advances in Agronomy. Vol. 53, pp.1-45.

King, L. D. 1990. Sustainable Soil Fertility Practices. In: Sustainable Agriculture in Temperate Zones. Francis, C., C. B. Flora, and L. D. King (eds.). John Wiley. USA. pp: 147-173.

Labrador, J. 2001. Aproximaciones a la gestión agroecológica del suelo. En Agroecología y Desarrollo. Aproximaciones a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. Pag. 129. Edit Labrador, J. Y Altieri, M. Univ. Extremadura-Mundi Prensa, Madrid.

Labrador, J. y Reyes, J. 1999. Guía de productos utilizables en Agricultura y Ganadería Ecológicas. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Junta de Extremadura. Badajoz.

Martínez Viera, R. 1997. Los biofertilizantes como pilares básicos de la agricultura sostenible en Cuba. Conferencias I Taller Nacional de Producción Agroecológica de Cultivos Alimenticios en Condiciones Tropicales. IIH "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba: 88.

Monegat, 1991. Plantas de cobertura de suelo. Características e manejo en pequeñas propiedades.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2005. La Agricultura Ecológica en España. Introducción. Disponible en línea:

<http://www.mapa.es/es/alimentacion/pags/ecologica/introduccion.htm>

Mathus, et al., 1975

Olsen, R.J., R.F. Hensler, O.J. Attoe, S.A. Witzel, and L.A. Peterson. 1970. Fertilizer nitrogen and crop rotation in relation to movement of nitrate nitrogen through soil profiles. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34:448-452. Kasel, et al., 1985

Palada y Harwood, 1974. Integrated weed management: I. Key factors affecting crop-weed balance. Philippine Weed Science Bulletin 1: 14-36.

Primavesi, A. 1990. Manejo ecológico de suelo. Nobel, Sao Paulo.

Trejo et al, 2001. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba. Cultivos Tropicales, 2001, vol. 22, n°. 4, p. 11-16.

Vandermeer, et al., 1986. A computer -based technique for rapidly screening intercropping designs. *Experimental Agriculture*.